

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 30 SEP 2005

REC'D 04 JUN 2004

10/552293

DE 04/697

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 16 767.6

**Anmeldetag:** 10. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Schenck RoTec GmbH, Darmstadt/DE

**Bezeichnung:** Unwuchtmeßeinrichtung und Verfahren zur Unwuchtmessung

**IPC:** G 01 M 1/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Stech

10

## Unwuchtmeßeinrichtung und Verfahren zur Unwuchtmessung

### Zusammenfassung

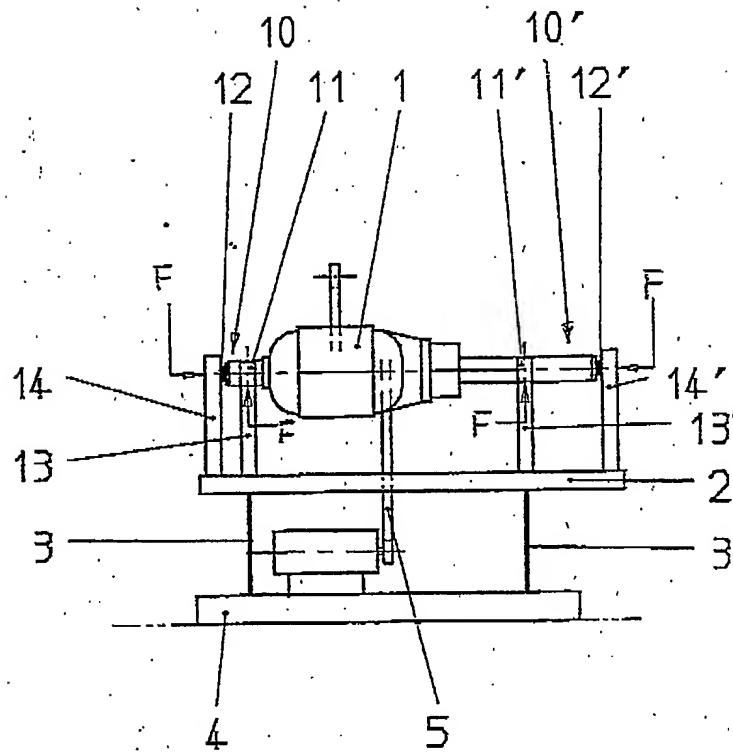
5

Bei einer Unwuchtmeßeinrichtung mit einer Lagereinrichtung zur statischen Fluidlagerung des Rotors (1) wird zur Verbesserung der Auswuchtgüte und zur Verkürzung der zum Auswuchten benötigten Zeit vorgeschlagen, daß die Lagereinrichtung zumindest zwei offene fluidversorgte Lagerschalen (11, 11') zur Aufnahme von Rotorumfangsabschnitten und zumindest eine einer Rotorendfläche zugeordnete fluidversorgte Lagerplatte (12, 12') aufweist. Der Antrieb ist beim Unwuchtmeßvorgang vom Rotor (1) abgekoppelt und der Meßvorgang erfolgt vorzugsweise bei zeitveränderlichem Drehverhalten des Rotors (1)

10

Figur 1

15



## Unwuchtmeßeinrichtung und Verfahren zur Unwuchtmessung

5 Die Erfindung betrifft eine Unwuchtmeßeinrichtung für Rotoren, mit im wesentlichen einer Lagereinrichtung zur statischen Fluidlagerung für einen rotierbaren Rotor, einer Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens des Rotors, zumindest einem Wirkungen der Unwucht des Rotors in einem Meßvorgang erfassenden Meßumformer, einer Einrichtung zur Erzeugung eines Bezugssignals und  
10 einer Auswerteeinrichtung für die von dem Meßumformer gelieferten Signale unter Heranziehung des Bezugssignals sowie Verfahren zur Unwuchtmessung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7 und des Patentanspruchs 8.

W 15 Aus der EP 0 104 266 A1 sind eine Unwuchtmeßeinrichtung und ein Verfahren bekannt, mit dem Rotoren mit einer zentralen Bohrung mit hoher Auswuchtgüte ausgewuchtet werden können. Dazu wird der Rotor auf einen Lagerdom einer Auswuchtmaschine aufgebracht und als Lagerungsfluid Luft benutzt, die zwischen einander gegenüberliegende Rotorbohrungs- und Dornlagerflächen gebracht wird. Fehler, hervorgerufen durch Oberflächenungenauigkeiten, treten nicht mehr in Erscheinung, da  
20 Formabweichungen der Rotorbohrung oder des Lagerdoms integriert werden und eine stabile Drehachse des Rotors gegeben ist.

25 Einen Rotor, der Lagerungsmöglichkeiten an seinem Außenumfang aufweist, wie sie z.B. durch die Lagerzapfen eines Elektroankers gebildet werden, kann man in Bezug auf diese Lagerstellen genau auswuchten. Eine aerostatische Lagerung eines derartigen Rotors wurde deshalb bisher nicht eingesetzt.

An die Auswuchtgüte insbesondere schnell laufender kleiner Rotoren wie z.B. Elektroanker, Turbinenrotore etc. werden jedoch laufend höhere Anforderungen gestellt.  
30 Eine zusätzliche Forderung ist die Minimierung der Taktzeiten im Herstellungsprozess insbesondere für die mit dem Auswuchten von Rotoren verbundenen Arbeitsvorgänge.

A Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Unwuchtmeßeinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen und ein Verfahren anzugeben, mit dem die Auswuchtgüte insbesondere schnell laufender kleiner Rotore verbessert wird bei gleichzeitiger Verkürzung der zum Auswuchten benötigten Zeit.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Lagereinrichtung zumindest zwei offene fluidversorgte Lagerschalen zur Aufnahme von Rotorumfangsabschnitten und zumindest eine einer Rotorendfläche zugeordnete fluidversorgte Lagerplatte aufweist, daß eine Einrichtung zur Erfassung des Drehverhaltens des Rotors

10

vorgesehen ist, daß die Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens während des Meßvorgangs vom Rotor abgekoppelt ist und der Meßvorgang bei zeitkonstanten oder vorzugsweise bei zeitveränderlichem Drehverhalten erfolgt. Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 7 und des Patentanspruchs 8 gelöst.

15

Erfindungsgemäß ist bei der so gestalteten Unwuchtmeßeinrichtung vorgesehen, daß der Rotor sowohl in Achsrichtung als auch in Radialrichtung in leicht zugänglichen Fluidlagern unter Verwendung von Gas oder Luft oder eines Gas- oder Luftgemisches, also aerostatisch gelagert ist und darüberhinaus der Beschleunigungs- bzw.

20

Verzögerungsantrieb beim Unwuchtmeßvorgang vom Rotor abgekoppelt ist, wobei der Meßvorgang bei zeitveränderlichem Drehverhalten z.B. im Auslauf oder bei zeitkonstantem Drehverhalten bestimmt wird. Die Abstützung einer Rotorstimfläche in Achsrichtung an einer dieser zugeordneten fluidversorgten Lagerplattenfläche führt auch bei horizontal angeordneter Rotorachse zu einer sehr präzisen Lagerposition des

25

Rotors in Achsrichtung, da strömungstechnisch eine Fixierung der Rotorlagerposition gegenüber der Lagerplatte erfolgt. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß nur durch die Kombination dieser Maßnahmen die gewünschte hochgenaue Messung innerhalb sehr kurzer Zeit erreicht wird. Mit der Erfindung wird der Rotor frei von störenden Kräften und Momenten gelagert und ausgemessen und so ein erheblich

30

besseres Meßergebnis erzielt als auf herkömmliche Art.

W

Zwar ist es aus der EP 0 590 169 A1 schon bekannt, die Unwucht des Rotors bei nicht konstanter Meßdrehzahl zu bestimmen, jedoch sind dieser Veröffentlichung keine

## 3

Hinweise darauf zu entnehmen, den Rotor in der erfindungsgemäßen Art zu lagern und rotieren zu lassen.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Lagerschalen austauschbar  
5 an Lagereinrichtungen angeordnet sind und die Lagereinrichtung ein  
Fluidversorgungssystem hat, das einen fluiddichten Anschluß von insbesondere  
unterschiedliche Fluidkanäle aufweisenden auszutauschenden Lagerschalen  
ermöglicht, wodurch eine vorteilhafte Standardisierung der Lagereinrichtung bzw. eine  
Modulbauweise der Unwuchtmeßeinrichtung gegeben ist. Dies gilt auch für einen  
10 Vorschlag, nach welchem vorgesehen ist, daß die Lagerplatte austauschbar an der  
Lagereinrichtung oder einem nicht schwingfähigen Bauteil der Unwuchtmeßeinrichtung  
angeordnet ist und die Lagereinrichtung oder das Bauteil ein Fluidversorgungssystem  
hat, das einen fluiddichten Anschluß von insbesondere unterschiedliche Fluidkanäle  
aufweisenden auszutauschenden Lagerplatten ermöglicht. Es kann vorteilhaft ein  
15 gemeinsames Fluidversorgungssystem zur Fluidversorgung sowohl der Lagerschalen  
als auch der Lagerplatte eingesetzt werden. Die Lagerplatte kann an einem Teil der  
Unwuchtmeßeinrichtung, der unwuchtinduzierte Schwingungen durchführt, wie  
Lagerständer oder Lagerbrücke, oder einem Bauteil angeordnet sein, das keinen  
unwuchtinduzierten Schwingungen unterworfen ist, wie z.B. der Rahmen.

20 Eine Einlagerung des Rotors in einer definierten Lage wird wesentlich erleichtert durch  
die Anordnung von zwei Lagerplatten, zwischen denen der Rotor mit seinen  
Stirnflächen angeordnet wird. Die genaue Fixierung der Lage des Rotors in  
Achsrichtung erfolgt strömungstechnisch über das an der Lagerfläche einer Lagerplatte  
25 in den Zwischenraum zwischen Lagerplatte und Stirnfläche ausströmende Fluid.

Vorteilhaft ist auch die Ausbildung der Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens als  
Riemenantrieb, dessen Riemen an zwei sich im wesentlichen gegenüberliegenden  
Rotorstellen anlegbar ist, da hierdurch während der Beschleunigung bzw. des  
30 Abbremsens des Rotors nur kleine Querkkräfte auf den Rotor wirken, die die  
aerostatische Lagerung kaum beeinträchtigen können.

Der Vorschlag, den Riemenantrieb mit einem V-förmig ausgebildeten Bereich mit veränderbarem Öffnungswinkel zu versehen, in dessen Inneren der Rotor angeordnet ist, hat Vorteile hinsichtlich des Bauraums und in Hinblick auf die Betätigung zum Anlegen bzw. Wegschwenken des Riemens vom Rotor. Hierzu können einfache  
5 fluidbetätigte oder elektrisch betätigte Stellanrichtungen eingesetzt werden, deren Stellbewegung darüberhinaus einfach automatisiert werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben, das in der Zeichnung dargestellt ist.

Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Unwuchtmeßeinrichtung in schematischer Darstellung

15 Fig. 2 eine Seitenansicht der Unwuchtmeßeinrichtung nach Fig. 1

Fig. 3 einen Lagerbereich der Unwuchtmeßeinrichtung in schematischer Darstellung

20 Fig. 4 einen Riemenantrieb zur Beschleunigung oder Abbremsung eines auszuwuchtenden Rotors

25 In Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Unwuchtmeßeinrichtung für einen auszuwuchtenden Rotor 1 schematisch dargestellt. Die Unwuchtmeßeinrichtung weist eine Schwingbrücke 2 auf, auf der der Rotor 1, dessen Unwucht bestimmt wird und der im dargestellten Fall ein Elektroanker ist, rotierbar in einer Lagereinrichtung gelagert ist.

Die Schwingbrücke 2 ist in üblicher Weise über z.B. vier Stützfeder 3 schwingfähig gegen den Rahmen 4 der Unwuchtmeßeinrichtung abgestützt. Der Rotor 1 wird von einem Riemenantrieb 5 in Rotation versetzt bzw. nach dem Meßvorgang abgebremst.  
30 Unwuchtinduzierte Schwingungen der Schwingbrücke 2 werden mittels zumindest eines Aufnehmers 6 gemessen und zur Bestimmung der am Rotor 1 auszugleichenden Unwucht herangezogen. Während des Meßvorgangs ist der Riemenantrieb 5 vom Rotor 1 abgekoppelt.

Die Lagereinrichtung ist zur Lagerung des Rotors mit horizontaler Achsrichtung ausgebildet und weist Lagerbauteile für zwei Lagerstellen 10, 10' auf, die im dargestellten Ausführungsbeispiel an den beiden endseitigen Lagerzapfen des Elektroankers vorgesehen sind. Zur Abstützung des Rotors 1 in vertikaler Richtung ist jeweils eine offene, halbzyklindrische Lagerschale 11, 11' vorgesehen. Die Lagerschale 11, 11' weist Fluidkanäle 21, 21' auf, die an ihrer halbzyklindrischen Lageroberfläche münden und zur Zuführung von Gas oder Luft oder eines Gas- oder Luftgemisches zur aerostatischen Lagerung dienen. Zur Abstützung des Rotors 1 in horizontaler Richtung ist jeder der beiden Endflächen des Rotors 1 eine Lagerplatte 12, 12' zugeordnet. Die Lagerplatte 12, 12' weist Fluidkanäle auf, die an ihrer Lageroberfläche münden und zur Zuführung von Gas oder Luft oder eines Gas- oder Luftgemisches zur aerostatischen Lagerung dienen.

Die Lagerfläche der Lagerplatte 12, 12' ist komplementär zu der ihr zugeordneten Endfläche des Rotors 1 ausgebildet. Bei ballig ausgebildetem Rotorende weist die Lagerplatte 12, 12' eine entsprechend ausgeformte Vertiefung auf, bei ebener Endfläche hat die Lagerplatte 12, 12' eine ebene Lagerfläche. Die nicht dargestellten Austrittsöffnungen der Fluidkanäle in der Lagerfläche sind so angeordnet, daß das vorzugsweise parallel zur Achsrichtung ausströmende Fluid den Bereich einer eventuell vorhandenen Zentrierbohrung im Rotorende nicht beaufschlagt. Den Austrittsöffnungen in der Lagerfläche der Lagerplatte steht also stets die Lagerfläche an der Stirnseite des Rotors gegenüber. Strömungstechnisch bewirkt dies eine Fixierung oder Fesselung der Stirnfläche des Rotors zur bzw. an die Lagerfläche der Lagerplatte und damit die Gewährleistung einer genauen Rotorlagerposition in Achsrichtung.

Die beiden Lagerplatten 12, 12' und die beiden Lagerschalen 11, 11' können von einer gemeinsamen Fluidversorgung beaufschlagt werden, wie dies in Fig. 1 durch die mit F gekennzeichneten symbolisch dargestellten Leitungsabschnitte dargestellt ist. Unterschiedliche Gegebenheiten in Hinblick auf die vertikale und horizontale Abstützung des Rotors 1 können fluidtechnisch über z.B. Drosselstellen in den Fluidkanälen berücksichtigt werden.



Zur Anpassung an verschiedene Rotortypen sind sowohl die Lagerschalen 11, 11' als auch die Lagerplatten 12, 12' austauschbar an Trägern 13, 13' und 14, 14' befestigt, die an der Lagerbrücke 2 angeordnet sind. Die Träger 13, 13', 14, 14' haben Fluidleitungen 20, die so ausgestaltet sind, daß ihre Öffnungen abgedichtet mit den Öffnungen der Fluidkanäle 21, 21' unterschiedlich ausgebildeter Lagerschalen 11, 11' bzw. unterschiedlich ausgebildeter Lagerplatten 12, 12' zusammenpassen, wie dies aus der Fig. 3 näher ersichtlich ist. In einem Standardbauteil, dem auf der Lagerbrücke befestigten Träger 13, 13', ist eine Fluidleitung 20 mit zwei Abzweigungen 20', 20'' vorgesehen, die zwei Fluidkanälen 21, 21' in der halbzyklindrischen Lagerschale 11, 11' fluiddicht zugeordnet sind. In nicht näher dargestellter Weise ist jeweils ein weiteres Standardbauteil als Träger 14, 14' für die jeweilige Lagerplatte 12, 12' in entsprechender Weise ausgebildet.

Zum Antrieb oder zur Abbremsung des Rotors 1 wird ein Riemenantrieb 5 verwendet. Aus der Fig. 2 ist eine Ausführungsform ersichtlich, bei der der Antriebsriemen tangential an den Rotorumfang anlegbar ist.

Bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform ist der Antriebsriemen an zwei sich in etwa gegenüberliegenden Rotorumfangsflächen anlegbar, was hinsichtlich der Beanspruchung der aerostatischen Lagerung eine gleichmäßigere Belastung bedeutet. Der Riemenantrieb 5 weist dazu einen V-förmigen Abschnitt 5' auf, in dessen Innerem der Rotor 1 angeordnet ist. Die beiden Schenkel des V-förmigen Abschnitts 5' sind schwenkbar zwecks Anlage an oder Abheben von der Rotorumfangsfläche.

Statt eines Riemenantriebs 5 kann jeder andere geeignete Antrieb zur Beschleunigung bzw. Bremsung für den Rotor 1 verwendet werden wie z.B. ein magnetischer Antrieb oder ein Antrieb mittels Luft oder auch ein formschlüssig koppelbarer Antrieb. Erfindungswesentlich ist dabei, daß der Antrieb für den Meßvorgang abkoppelbar ist, so daß der Rotor 1 frei von störenden Kräften und Momenten rotiert. Die Messung kann bei zeitkonstantem oder zeitveränderlichem Drehverhalten des Rotors erfolgen, was den Einsatz unterschiedlich ausgestatteter Meß- und Auswerteeinrichtungen ermöglicht. Soll bei zeitkonstantem Drehverhalten gemessen werden, wird der Rotor durch einen

7

Antrieb, der keine störenden Kräfte und Momente auf den Rotor aufbringt, wie z.B. eine Luftdüse, auf konstanter Drehzahl gehalten.

- Alternativ zur Abstützung auf einer Schwingbrücke 2 kann der Rotor 1 auch auf z.B. zwei axial beabstandeten Lagerständen radial abgestützt werden. Der obere Bereich jedes Lagerständers, der die Lagerschale aufweist, ist über federnde Elemente am Rahmen der Unwuchtmeßeinrichtung abgestützt, so daß der obere Bereich mit der Lagerschale unwuchtinduzierte Schwingungen ausführen kann. Die axiale Abstützung kann mit dem oberen Bereich des Lagerständers verbunden sein, alternativ dazu aber auch nicht mitschwingend am Rahmen der Unwuchtmeßeinrichtung angeordnet sein.

## Patentansprüche

- 1) Unwuchtmeßeinrichtung für Rotoren (1) mit im wesentlichen einer Lagereinrichtung zur statischen Fluidlagerung für einen rotierbaren Rotor (1), einer Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens des Rotors (1), zumindest einem Wirkungen der Unwucht des Rotors (1) in einem Meßvorgang erfassenden Meßumformer (6), einer Einrichtung zur Erzeugung eines Bezugssignals und einer Auswerteeinrichtung für die von dem Meßumformer gelieferten Signale unter Heranziehung des Bezugssignals, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagereinrichtung zumindest zwei offene fluidversorgte Lagerschalen (11, 11') zur Aufnahme von Rotorumfangsabschnitten und zumindest eine einer Rotorendfläche zugeordnete fluidversorgte Lagerplatte (12, 12') aufweist, daß eine Einrichtung zur Erfassung des Drehverhaltens des Rotors (1) vorgesehen ist, daß die Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens während des Meßvorgangs vom Rotor (1) abgekoppelt ist und der Meßvorgang bei zeitkonstantem oder vorzugsweise bei zeitveränderlichem Drehverhalten erfolgt.
- 2) Unwuchtmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerschalen (11, 11') austauschbar an der Lagereinrichtung angeordnet sind und die Lagereinrichtung ein Fluidversorgungssystem hat, das einen fluiddichten Anschluß von insbesondere unterschiedliche Fluidkanäle (21, 21') aufweisenden auszutauschenden Lagerschalen (11, 11') an die Lagereinrichtung ermöglicht.
- 3) Unwuchtmeßeinrichtung nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerplatte (12, 12') austauschbar an der Lagereinrichtung oder einem nicht schwingfähigen Bauteil der Unwuchtmeßeinrichtung angeordnet ist und die Lagereinrichtung oder das Bauteil ein Fluidversorgungssystem hat, das einen fluiddichten Anschluß von insbesondere unterschiedliche Fluidkanäle aufweisenden auszutauschenden Lagerplatten (12, 12') an die Lagereinrichtung oder das Bauteil ermöglicht.

- 4) Unwuchtmeßeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei die beiden Rotorendflächen zwischen sich einschließende fluidversorgte Lagerplatten (12, 12') vorgesehen sind.
- 5) Unwuchtmeßeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Änderung des Drehverhaltens ein Riemenantrieb (5) ist, dessen Riemen an zwei sich im wesentlichen gegenüberliegenden Rotorstellen anlegbar ist.
- 6) Unwuchtmeßeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Riemenantrieb (5) einen V-förmig ausgebildeten Bereich (5) mit veränderbarem Öffnungswinkel hat, in dessen Innerem der Rotor (1) angeordnet ist.
- 7) Verfahren zur Unwuchtmessung von Rotoren (1), bei dem der Rotor (1) in einer statischen Fluidlagerung einer Unwuchtmeßeinrichtung gelagert wird und eine Drehbewegung des Rotors (1) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (1) in Radialrichtung in mindestens zwei und in Achsrichtung in zumindest einem aerostatischen Lager positionsgenau gelagert wird und beim Meßvorgang keine Beeinflussung des Drehverhaltens des Rotors (1) vorgenommen wird und der Meßvorgang bei zeitveränderlichem Drehverhalten erfolgt.
- 8) Verfahren zur Unwuchtmessung von Rotoren (1), bei dem der Rotor (1) in einer statischen Fluidlagerung einer Unwuchtmeßeinrichtung gelagert wird und eine Drehbewegung des Rotors (1) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (1) in Radialrichtung in mindestens zwei und in Achsrichtung in zumindest einem aerostatischen Lager positionsgenau gelagert wird und beim Meßvorgang die Drehzahl des Rotors (1) konstant gehalten wird.

1/2

1/4

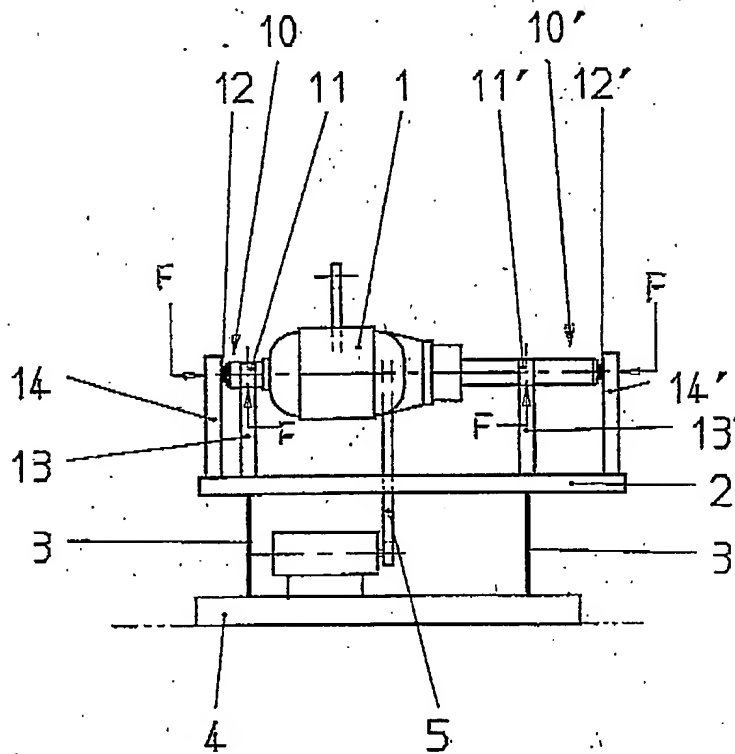


Fig. 1

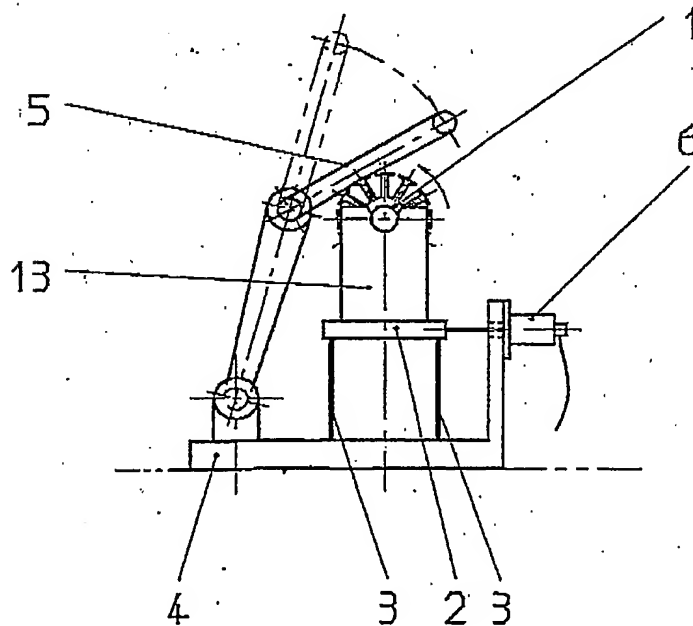


Fig. 2

11

2/2

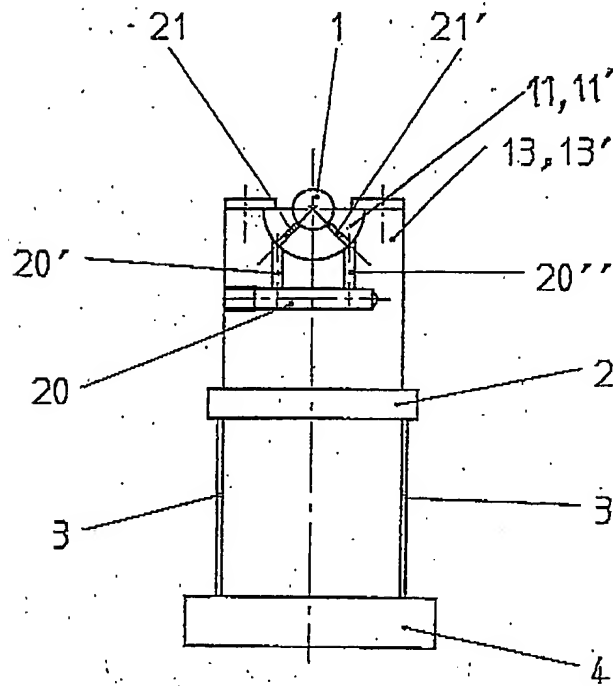


Fig. 3

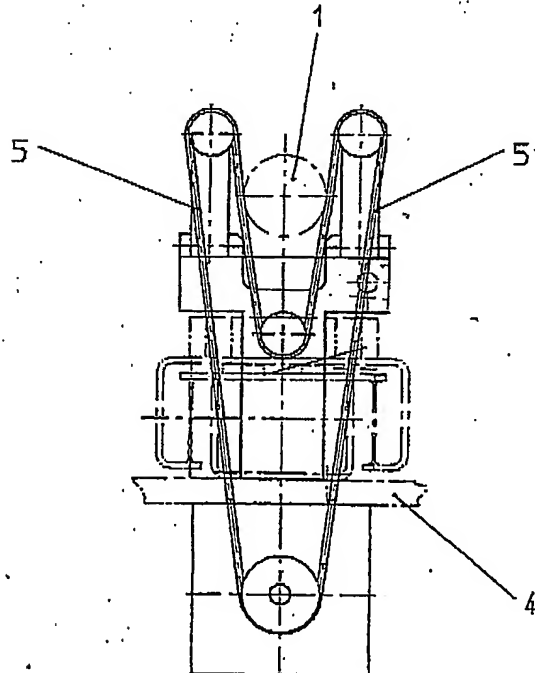


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**